



PATENT
81872.0058

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Kenichi SATAKE

Serial No: 10/807,673

Filed: March 24, 2004

For: METHOD OF DRIVING
PIEZOELECTRIC INK JET HEAD

Art Unit: Not assigned

Examiner: Not assigned

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450, on

April 20, 2004

Date of Deposit

Rebecca Golden

Name

Signature

April 20, 2004

Date

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of Japanese patent application No. 2003-092655 which was filed March 28, 2003 and patent application No. 2003-092659 which was filed March 28, 2003, from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

HOGAN & HARTSON L.L.P.

By:

Lawrence J. McClure
Registration No. 44,228
Attorney for Applicant(s)

Date: April 20, 2004

500 South Grand Avenue, Suite 1900
Los Angeles, California 90071
Telephone: 213-337-6700
Facsimile: 213-337-6701

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 8 日
Date of Application:

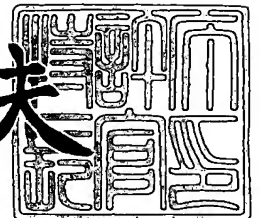
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 2 6 5 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 9 2 6 5 5]

出 願 人 京セラ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 2 8 6 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 106666

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B41J 2/045

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番3号 京セラ株式会社
 社中央研究所内

 【氏名】 佐武 健一

【特許出願人】

 【識別番号】 000006633

 【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

 【氏名又は名称】 京セラ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100087701

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 稲岡 耕作

【選任した代理人】

 【識別番号】 100101328

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 川崎 実夫

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 011028

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電インクジェットヘッドの駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- (A) インクが充てんされる加圧室と、
(B) この加圧室に連通したノズル部と、
(C) 横振動モードの圧電素子と、この圧電素子の、駆動電圧波形の印加による面方向の収縮によって撓んで加圧室の容積を減少させることで、加圧室内のインクを、ノズル部を通してインク滴として吐出させるための振動板とを含む駆動部と、

を備えた圧電インクジェットヘッドを駆動する方法であって、

待機時に、圧電素子に一定の駆動電圧を印加して面方向に収縮させることで加圧室の容積を減少させた状態を維持しておく、

(1) ドット形成直前に駆動電圧を放電して圧電素子の収縮を解除することで加圧室の容積を増加させて、ノズル部内のインクメニスカスを加圧室の側へ引き込んだ後、

(2) 再び駆動電圧を印加して圧電素子を収縮させることで加圧室の容積を減少させてインク滴を吐出させるに際し、

上記(1)の工程における駆動電圧の立ち下りの時定数 τ_1 と、(2)の工程における駆動電圧の立ち上りの時定数 τ_2 とを、式(i)(ii)：

$$Ta / (-1 \ln 0.01) \leq \tau_1 \leq Ta / (-1 \ln 0.25) \quad (i)$$

$$Ta / (-1 \ln 0.01) \leq \tau_2 \leq Ta / (-1 \ln 0.25) \quad (ii)$$

(両式中の Ta は駆動部の固有振動周期である)

をともに満足する範囲に設定することを特徴とする圧電インクジェットヘッドの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電インクジェットヘッドの駆動方法に関し、特にプリンター、コ

ピア、ファクシミリ、およびそれらの複合機などに好適に用いることのできる圧電インクジェットヘッドの駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

特許文献1において説明されているように、例えばオンデマンド型のインクジェットプリンタなどに用いる、圧電素子の電歪効果を駆動源とする圧電インクジェットヘッドにおいては、いわゆる引き打ち方式の駆動方法が一般的に用いられる。

図7は、引き打ち方式の駆動方法において圧電素子に印加する駆動電圧 V_P の駆動電圧波形（太線の一点鎖線で示す）と、かかる駆動電圧波形が与えられた際の、ノズル部におけるインクの体積速度（太線の実線で示す、正がインクの吐出方向）との関係を簡略化して示すグラフである。

【0003】

図に見るように引き打ち方式の駆動方法では、待機時（図7中の t_1 より以前）には、たとえば横振動モードの圧電素子の場合、印加する駆動電圧 V_P を所定値 V_H に維持（ $V_P = V_H$ ）して圧電素子を面方向に収縮させつづけることによって、振動板を、加圧室の容積を減少させた状態を維持するべく撓ませ続けており、この間、ヘッド内のインクは静止状態、すなわちノズル部でのインクの体積速度は0を維持する。

【0004】

ノズル部からインク滴を吐出させて紙面にドットを形成するには、まずその直前の t_1 の時点で、駆動電圧 V_P を所定値 V_H から放電（ $V_P = 0$ ）させて圧電素子を面方向に伸長させることによって振動板の撓みを解除する。

そうするとノズル部内のインクは、加圧室の容積が増加する分、インクメニスカスが加圧室の側に引き込まれた状態となる。その際の体積速度は、図7の t_1 と t_2 の間の部分に示すように一旦、負の側に大きくなった後、徐々に低下してやがて0に近づく。

【0005】

そして、ノズル部でのインクの体積速度が限りなく0に近づいた時点で、駆動

電圧 V_P を再び所定値 V_H まで充電 ($V_P = V_H$) して圧電素子を面方向に収縮させて振動板を撓ませる。

このとき、ノズル部内のインクは、インクメニスカスが加圧室の側に最も大きく引き込まれた静止状態（体積速度が 0 の状態）から、逆に正の方向へ戻ろうとする状態であるところに、振動板を撓ませて加圧室の容積を減少させることによって当該加圧室から押し出されたインクが加わることになる。このためインクは、ノズル部の先端から大きく正の側に突出し、その先端からインク滴が分離する。そして分離したインク滴が飛翔して紙面に到達することで、紙面にドットを形成する。

【0006】

また特許文献 2 では、この引き打ち方式の駆動方法において、圧電素子と振動板とを含む駆動部の残留振動を抑えるために、駆動電圧波形の立ち下がり時の時定数を駆動部の固有振動周期の 0.9 倍以上、立ち上がり時の時定数を駆動部の固有振動周期の 0.9 倍から 1.2 倍にするのが好ましいとしている。

【0007】

【特許文献 1】

特開平 2-192947 号公報（第 3 頁左上欄第 19 行～同頁右上欄第 6 行、第 3 頁右上欄第 14 行～同頁左下欄第 2 行、第 16 図(b)）

【特許文献 2】

特開平 5-318731 号公報（請求項 3、4、第 0035 欄）

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

圧電インクジェットヘッドにおいて、駆動部の固有振動の周期は、駆動電圧波形のパルス幅に比して数十分の 1 から数分の 1 という小さな値である。しかし図 8 に示したように、インク滴形成時の、インクの体積速度の振動に、上記の固有振動が残留振動として乗ってしまう。そして駆動電圧波形の立ち上がりのタイミングと残留振動の位相との関係がずれることによって、形成されるインク滴の体積や飛翔速度が変動してしまうという問題を生じる。

【0009】

すなわち残留振動の振動速度が加圧室方向に増加している際に、駆動電圧波形が立ち上がると、インク滴の体積は大きく、飛翔速度は大きくなる。逆に残留振動の振動速度が加圧室方向に減少している際に駆動電圧波形が立ち上がると、インク滴の体積は小さく、飛翔速度は小さくなる。

このため、例えば駆動電圧波形のパルス幅がごく僅かでも変動すると、インク滴の体積、飛翔速度が大きく変動するのである。

【0010】

また、圧電インクジェットヘッド上に複数個、配置されている圧電素子ごとに、厚みや振動板に接着される際の条件などがどうしてもばらついてしまうため、それぞれの駆動部ごとの固有振動周期にばらつきを生じる。このため、駆動電圧波形のパルス幅をすべて一定に保っても、ノズル部ごとにインク滴の体積や飛翔速度がばらついてしまう。

そのため、駆動部の残留振動を抑えるべく特許文献2では、前記のように駆動電圧波形の立ち下がり時の時定数を駆動部の固有振動周期の0.9倍以上、立ち上がり時の時定数を駆動部の固有振動周期の0.9倍から1.2倍にするとしている。

【0011】

確かに、立ち下がり／立ち上がりの時定数を大きくすることで駆動部の残留振動を抑えることはできる。

しかし、立ち下がり／立ち上がりの時定数を大きくすると、インク滴の飛翔速度が低下してしまう。とりわけ特許文献2では縦振動モードの圧電素子を使っているために駆動部の固有振動周期が小さいが、横振動モードの圧電素子の場合は駆動部の固有振動周期が大きいため、駆動電圧波形の立ち下がり／立ち上がりの時定数を駆動部の固有振動周期と同じくらいに長くすると、インク滴の飛翔速度が著しく低下してしまう。

【0012】

本発明の目的は、インク滴の飛翔速度の低下を抑制しつつ、横振動モードの圧電素子を備えた駆動部の残留振動を確実に抑えることができる、新規な圧電インクジェットヘッドの駆動方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

上記課題を解決するため、発明者は、横振動モードの圧電素子を用いた圧電インクジェットヘッドにおける、駆動電圧波形の立ち下がり／立ち上がりの時定数と、駆動部の固有振動周期との関係についてさらに詳細に検討した。

その結果、駆動電圧波形の立ち下がり時においては、駆動電圧 V_p が所定値 V_H の 1～25% に立ち下がるまでの時間を駆動部の固有振動周期と等しくし、また駆動電圧波形の立ち上がり時においては、駆動電圧 V_p が所定値 V_H の 75～99% に立ち上がるまでの時間を駆動部の固有振動周期と等しくするのが、インク滴の飛翔速度の低下を抑制しつつ、駆動部の残留振動を抑制するために有効であることを見出した。

【0014】

具体的には、駆動電圧 V_p の立ち下がりの時定数 τ_1 と、立ち上がりの時定数 τ_2 とをそれぞれ、式(i)(ii)：

$$T_a / (-\ln 0.01) \leq \tau_1 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (i)$$

$$T_a / (-\ln 0.01) \leq \tau_2 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (ii)$$

(両式中の T_a は駆動部の固有振動周期である)

とともに満足する範囲に設定する。

【0015】

かかる設定をした駆動電圧波形によって、横振動モードの圧電素子を用いた圧電インクジェットヘッドを駆動すると、インク滴の飛翔速度は、駆動電圧波形の立ち下がり／立ち上がりの時定数 τ_1 、 τ_2 がともに 0 に近い駆動電圧波形で駆動した際に比べて 1 割程度しか低下しない。しかも、ノズル部でのインクの体積速度の振動に乗っている駆動部の残留振動を抑えることもできる。

したがって請求項 1 記載の発明は、

- (A) インクが充てんされる加圧室と、
- (B) この加圧室に連通したノズル部と、
- (C) 横振動モードの圧電素子と、この圧電素子の、駆動電圧波形の印加による面方向の収縮によって撓んで加圧室の容積を減少させることで、加圧室内のイン

クを、ノズル部を通してインク滴として吐出させるための振動板とを含む駆動部と、

を備えた圧電インクジェットヘッドを駆動する方法であって、

待機時に、圧電素子に一定の駆動電圧を印加して面方向に収縮させることで加圧室の容積を減少させた状態を維持しておき、

(1) ドット形成直前に駆動電圧を放電して圧電素子の収縮を解除することで加圧室の容積を増加させて、ノズル部内のインクメニスカスを加圧室の側へ引き込んだ後、

(2) 再び駆動電圧を印加して圧電素子を収縮させることで加圧室の容積を減少させてインク滴を吐出させるに際し、

上記(1)の工程における駆動電圧の立ち下りの時定数 τ_1 と、(2)の工程における駆動電圧の立ち上りの時定数 τ_2 とを、式(i)(ii)：

$$T a / (-1 \ln 0.01) \leq \tau_1 \leq T a / (-1 \ln 0.25) \quad (i)$$

$$T a / (-1 \ln 0.01) \leq \tau_2 \leq T a / (-1 \ln 0.25) \quad (ii)$$

(両式中の $T a$ は駆動部の固有振動周期である)

とともに満足する範囲に設定することを特徴とする圧電インクジェットヘッドの駆動方法である。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明を説明する。

図1は、本発明の駆動方法を実施するための圧電インクジェットヘッドの一例において、圧電素子と振動板とを含む駆動部を取り付ける前の状態を示す平面図である。

図の例の圧電インクジェットヘッドは、1枚の基板1上に、加圧室2とそれに連通するノズル部3とを含むドット形成部を複数個、配列したものである。

【0017】

また図2(a)は、上記例の圧電インクジェットヘッドにおいて、駆動部を取り付けた状態での、1つのドット形成部を拡大して示す断面図、図2(b)は1つのドット形成部を構成する各部の重なり状態を示す透視図である。

各ドット形成部のノズル部 3 は、図 1 に白矢印で示す主走査方向に複数列並んでいる。図の例では 4 列に並んでおり、同一列内のドット形成部間のピッチは 90 dpi であって、圧電インクジェットヘッドの全体として 360 dpi を実現している。

【0018】

各ドット形成部は、基板 1 の、図 2 (a) において上面側に形成した、矩形状の中央部の両端に半円形の端部を接続した平面形状を有する加圧室 2 と、上記基板 1 の下面側の、加圧室 2 の一端側の端部の、半円の中心と重なる位置に形成したノズル部 3 とを、上記端部の半円と同径の、断面円形のノズル流路 4 で繋ぐとともに、上記加圧室 2 の他端側の端部の、半円の中心と重なる位置に形成した供給口 5 を介して、加圧室 2 を、基板 1 内に、各ドット形成部を繋ぐように形成した共通供給路 6 (図 1 に破線で示す) に繋ぐことで構成してある。

【0019】

また上記各部は、図の例では、加圧室 2 を形成した第 1 基板 1 a と、ノズル流路 4 の上部 4 a と供給口 5 とを形成した第 2 基板 1 b と、ノズル流路 4 の下部 4 b と共通供給路 6 とを形成した第 3 基板 1 c と、ノズル部 3 を形成した第 4 基板 1 d とを、この順に積層、一体化することで形成してある。

また第 1 基板 1 a と第 2 基板 1 b には、図 1 に示すように、第 3 基板 1 c に形成した共通供給路 6 を、基板 1 の上面側で、図示していないインクカートリッジからの配管と接続するためのジョイント部 11 を構成するための通孔 11 a を形成してある。

【0020】

さらに各基板 1 a ~ 1 d は、例えば樹脂や金属などからなり、フォトリソグラフィ法を利用したエッチングなどによって上記各部となる通孔を設けた、所定の厚みを有する板体にて形成してある。

基板 1 の上面側には、当該基板 1 と同じ大きさを有する 1 枚の振動板 7 と、少なくとも各ドット形成部を覆う大きさを有する 1 枚の薄膜状の共通電極 8 と、図 1 中に一点鎖線で示すように各ドット形成部の加圧室 2 の中央部と重なる位置に個別に設けた、略矩形状の平面形状を有する横振動モードの薄板状の圧電素子 9

と、各圧電素子 9 上に形成した、同じ平面形状を有する個別電極 10 とを、この順に積層することで駆動部を構成してある。

【0021】

なお圧電素子 9 を、いくつかのドット形成部の加圧室 2 にまたがる大きさに一体形成して、個別電極 10 のみ、図 1 中に一点鎖線で示すように各ドット形成部の加圧室 2 の中央部と重なる位置に個別に設けてもよい。

上記のうち振動板 7 は、例えばモリブデン、タングステン、タンタル、チタン、白金、鉄、ニッケルなどの単体金属や、これら金属の合金、あるいはステンレス鋼などの金属材料にて、所定の厚みを有する板状に形成してある。また振動板 7 には、先の基板 1 の通孔 11a とともにジョイント部 11 を構成する通孔 11b を形成してある。

【0022】

共通電極 8、個別電極 10 は、ともに金、銀、白金、銅、アルミニウムなどの導電性に優れた金属の箔や、これらの金属からなるめっき被膜、真空蒸着被膜などで形成してある。なお振動板 7 を、例えば白金などの導電性の高い金属で形成して共通電極 8 を省略してもよい。

圧電素子 9 を形成する圧電材料としては、例えばジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) や、当該 PZT にランタン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガンなどの酸化物の 1 種または 2 種以上を添加したもの、例えば PLZT などの、PZT 系の圧電材料を挙げることができる。また、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN)、ニッケルニオブ酸鉛 (PNN)、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウムなどを主要成分とするものを挙げることできる。

【0023】

薄板状の圧電素子 9 は、従来と同様にして形成することができる。

例えば上記の圧電材料を焼結して形成した焼結体を薄板状に研磨した所定の平面形状を有するチップを、共通電極 8 上の所定の位置に接着、固定したり、いわゆるゾルーゲル法（または MOD 法）によって、共通電極 8 上に、圧電材料のもとになる有機金属化合物から形成したペーストを所定の平面形状に印刷し、乾燥

、仮焼成、焼成の工程を経て形成したり、あるいは共通電極 8 上に、反応性スパッタリング法、反応性真空蒸着法、反応性イオンプレーティング法などの気相成長法によって、圧電材料の薄膜を所定の平面形状に形成したりすることによって、圧電素子 9 を形成することができる。

【0024】

圧電素子 9 を横振動モードとするためには、圧電材料の分極方向を、当該圧電素子 9 の厚み方向、より詳しくは個別電極 10 から共通電極 8 に向かう方向に配向させる。そのためには、例えば高温分極法、室温分極法、交流電界重畳法、電界冷却法などの従来公知の分極法を採用することができる。また、分極後の圧電素子 9 をエージング処理してもよい。

圧電材料の分極方向を上記の方向に配向させた圧電素子 9 は、共通電極 8 を接地した状態で、個別電極 10 から正の駆動電圧 V_p を印加することによって、分極方向と直交する面内で収縮する。しかし圧電素子 9 は、共通電極 8 を介して振動板 7 に固定されているため、結果的に、圧電素子 9 と振動板 7 とが加圧室方向に撓むことになる。

【0025】

このため、撓みが発生する際の力が加圧室 2 内のインクに圧力変化として伝えられ、この圧力変化によって、供給口 5、加圧室 2、ノズル流路 4、およびノズル部 3 内のインクが振動を起こす。そして振動の速度が、結果的にノズル部 3 の外に向かうことによって、ノズル部 3 内のインクメニスカスが外部へと押し出されて、前記のようにインク柱が形成される。

インク柱は、やがて振動の速度がノズル部内方向に向かうことによってノズル部 3 内のインクメニスカスに吸収されるが、その際、前記のようにインク柱の先端部が切り離されて、インク滴となって紙面の方向に飛翔して、紙面にドットを形成する。

【0026】

インク滴が飛翔して減少した分のインクは、ノズル部 3 内のインクメニスカスの表面張力によって、インクカートリッジから、当該インクカートリッジの配管、ジョイント部 11、共通供給路 6、供給口 5、加圧室 2、およびノズル流路 4

を介してノズル部 3 に再充てんされる。

個別電極 10 を介して圧電素子 9 に印加する駆動電圧波形は、この例では、図 3 の回路を使って発生させる。

【0027】

図の回路は、電源線 12 a と接地 12 b との間に第 1 トランジスタ TR_1 、抵抗 R_1 、 R_2 および第 2 トランジスタ TR_2 を直列に繋いで第 1 回路 12 c を形成し、かつこの第 1 回路 12 c の抵抗 R_1 、 R_2 間から分岐させて抵抗 R_3 、個別電極 10、圧電素子 9 および共通電極 8 を介して接地 12 d に至る第 2 回路 12 e を形成するとともに、両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースにそれぞれコントロール電圧 V_C を印加するための端子 12 f を接続したものである。圧電素子 9 は、等価的にコンデンサとして機能する。

【0028】

上記回路は、圧電インクジェットヘッドの待機時、すなわち図 4 (a) の t_1 より以前の状態では、端子 12 f から両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースにコントロール電圧 V_{C1} を印加した状態とされる。この状態では、第 1 トランジスタ TR_1 のエミッターコレクタ間が ON、第 2 トランジスタ TR_2 のコレクターエミッタ間が OFF となるため、電源線 12 a から、第 1 トランジスタ TR_1 、抵抗 R_1 、 R_3 、個別電極 10 を介して圧電素子 9 に、図 4 (b) に示すように、当該電源線 12 a の電源電圧値（前記所定値） V_H に相当する駆動電圧 V_P が継続的に印加される（ $V_P = V_H$ ）。このため圧電素子 9 は分極方向と直交する面内で収縮しつつ、それにともなって圧電素子 9 と振動板 7 とが加圧室 2 の方向に撓んだ状態を維持する。

【0029】

引き打ち方式の駆動方法においてドットを形成するに際しては、前述したドット形成の直前の t_1 の時点で、図 4 (a) に示すように、端子 12 f から両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースに印加していたコントロール電圧 V_C を停止する。

そうすると、第 1 トランジスタ TR_1 のエミッターコレクタ間が OFF、第 2 トランジスタ TR_2 のコレクターエミッタ間が ON となるため、圧電素子 9 に印

加されていた駆動電圧 V_P が、抵抗 R_3 、 R_2 および第 2 トランジスタ TR_2 を介して接地 12b に放電される。

【0030】

この際、駆動電圧 V_P は、所定値 V_H から、式(iii)：

$$V_P = V_H \times \exp[-t/\tau_1] \quad (\text{iii})$$

(式中の t は、 t_1 からの経過時間、 τ_1 は、前記のように立ち下りの時定数である。)

に基づいて立ち下り、やがて 0 V になる ($V_P = 0$)。この立ち下りの際の時定数 τ_1 は、式(iv)：

$$\tau_1 = C_P \times (R_2 + R_3) \quad (\text{iv})$$

(式中の C_P は、圧電素子 9 の、コンデンサとしての容量である。)

で求められる。

【0031】

次に、前述した t_2 の時点で、図 4 (a)に示すように、端子 12f から両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースに再びコントロール電圧 V_{C1} を印加する。

そうすると、第 1 トランジスタ TR_1 のエミッターコレクタ間が ON、第 2 トランジスタ TR_2 のコレクターエミッタ間が OFF となるため、電源線 12a から、第 1 トランジスタ TR_1 、抵抗 R_1 、 R_3 、個別電極 10 を介して圧電素子 9 に再び充電が開始される。

【0032】

この際、駆動電圧 V_P は、0 V から、式(v)：

$$V_P = V_H \times \{1 - \exp[-t/\tau_2]\} \quad (\text{v})$$

(式中の t は、 t_2 からの経過時間、 τ_2 は、前記のように立ち上りの時定数である。)

に基づいて立ち上がって再度、所定値 V_H に達する ($V_P = V_H$)。この立ち上りの際の時定数 τ_2 は、式(vi)：

$$\tau_2 = C_P \times (R_1 + R_3) \quad (\text{vi})$$

(式中の C_P は、前述した圧電素子 9 の、コンデンサとしての容量である。)

で求められる。

【0033】

本発明では、先に説明したように駆動電圧波形の立ち下がり時においては、圧電素子 9 に印加されている駆動電圧 V_P が所定値 V_H の 1～25% に立ち下がる、すなわち式(vii)：

$$V_H \times 0.01 \leq V_P \leq V_H \times 0.25 \quad (\text{vii})$$

を満足する範囲に入るまでに要する時間を駆動部の固有振動周期 T_a と等しくし、また駆動電圧波形の立ち上がり時においては、圧電素子 9 に印加されている駆動電圧 V_P が所定値 V_H の 75～99% に立ち上がる、すなわち式(viii)：

$$V_H \times 0.75 \leq V_P \leq V_H \times 0.99 \quad (\text{viii})$$

を満足する範囲に入るまでに要する時間を同じく固有振動周期 T_a と等しくする必要がある。

【0034】

つまり駆動電圧 V_P の立ち下がりの時定数 τ_1 と、立ち上がりの時定数 τ_2 とを、前記式(i)(ii)：

$$T_a / (-\ln 0.01) \leq \tau_1 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (\text{i})$$

$$T_a / (-\ln 0.01) \leq \tau_2 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (\text{ii})$$

(両式中の T_a は駆動部の固有振動周期である)

とともに満足する範囲に調整する必要がある。これにより、インク滴の飛翔速度の低下を抑制しつつ、駆動部の残留振動を抑えることができる。

【0035】

そしてそのためには、前記式(iv)(vi)から明らかなように図3の回路中の抵抗 $R_1 \sim R_3$ の抵抗値を、上記式(i)(ii)を満足する値に設定すればよい。

なお駆動電圧 V_P の立ち下がりの時定数 τ_1 、立ち上がりの時定数 τ_2 は、それぞれ駆動部の残留振動を抑える効果をさらに向上することを考慮すると、上記の範囲内でも特に式(i-1)(ii-1)：

$$T_a / (-\ln 0.05) \leq \tau_1 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (\text{i-1})$$

$$T_a / (-\ln 0.05) \leq \tau_2 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (\text{ii-1})$$

の範囲内であるのが好ましい。

【0036】

【実施例】

以下に本発明を、実施例に基づいて説明する。

圧電インクジェットヘッドの作製

図 1 および図 2 (a) (b) に示す構造を有し、なおかつ加圧室 2 の面積が 0.2 mm^2 、幅が $200 \mu\text{m}$ 、深さが $100 \mu\text{m}$ 、ノズル部 3 の直径が $25 \mu\text{m}$ 、長さが $30 \mu\text{m}$ 、ノズル流路 4 の直径が $200 \mu\text{m}$ 、長さが $800 \mu\text{m}$ 、供給口 5 の直径が $25 \mu\text{m}$ 、長さが $30 \mu\text{m}$ である圧電インクジェットヘッドを作製した。

【0037】

駆動部の固有振動周期 T_a は $0.628 \mu\text{sec}$ であった。

また駆動部の共通電極 8 と個別電極 10 とを、図 3 に示す駆動回路に接続した。

。

電気等価回路の作成

上記圧電インクジェットヘッドについて、上記各部を集中定数で近似して、図 5 に示す音響系の電気等価回路を作成した。

【0038】

図の電気等価回路において駆動部は、等価的に音響容量 C_a とイナータンス M_a と音響抵抗 R_a で表すことができ、加圧室 2 は音響容量 C_c で表すことができる。

また供給口 5 は、イナータンス M_s と音響抵抗 R_s で表すことができるとともに、ノズル部 3 のインクメニスカスの液面と、図示しないインクカートリッジ内のインクの液面との高低差に基づく水頭圧が作用している。

【0039】

さらにノズル部 3 は、イナータンス M_n と音響抵抗 R_n で表すことができるとともに、当該ノズル部 3 のインクメニスカスの表面張力が作用している。

上記の電気等価回路においては、駆動部に駆動電圧 V_p を印加して圧を発生させると、ノズル部 3 に、図中に矢印で示す方向のインクの流れが発生する。そしてその体積速度を求めることができる。また求めた体積速度と、ノズル部 3 の直径やインクの表面張力などから、インク滴の飛翔速度を、演算により求めることができる。

【0040】

インク滴の飛翔速度の演算

図3の駆動回路のうち、抵抗 $R_1 \sim R_3$ の抵抗値を適宜、変更（ただし $R_1 = R_2$ を維持）して、圧電素子に印加されている駆動電圧 V_P が所定値 V_H の $x\%$ に立ち下がるまでの時間と、圧電素子に印加されている駆動電圧 V_P が所定値 V_H の $(100 - x)\%$ に立ち上がるまでの時間が、ともに駆動部の固有振動周期 T_a と等しくなるように、駆動電圧波形の立ち下がりの時定数 τ_1 と立ち上がりの時定数 τ_2 とを設定（ $\tau_1 = \tau_2$ ）した。

【0041】

そして時定数 τ_1 、 τ_2 を上記のように所定値に設定した駆動電圧波形を用いて、前記の電気等価回路によって液滴の飛翔速度を演算したところ、表1に示す結果が得られた。

【0042】

【表1】

x [%]	$\tau_1 = \tau_2$ [μsec]	インク滴の 飛翔速度 [m/s]
0.1	0.091	11.1
1	0.136	11.1
5	0.210	11.0
10	0.273	11.0
20	0.390	10.7
25	0.453	9.8
30	0.522	9.6

【0043】

この結果から、時定数 τ_1 、 τ_2 がともに $0.453 \mu\text{sec}$ 以下、つまり x が25%以下であれば、インク滴の飛翔速度の低下は、時定数 τ_1 、 τ_2 がともに0に近い駆動電圧波形で駆動した際に比べて10%程度に抑えられることが判った。

駆動部の残留振動の検討

つぎに、駆動電圧波形の時定数 τ_1 、 τ_2 がともに $0.210 \mu\text{sec}$ である

とき ($x=5\%$)、 $0.136\mu\text{sec}$ であるとき ($x=1\%$)、および $0.091\mu\text{sec}$ であるとき ($x=0.1\%$) の、インクの、体積速度の振動をシミュレートしたところ、図6(a)～(c)に示す結果が得られた。

【0044】

この結果から、時定数が $0.091\mu\text{sec}$ では、図6(a)に示すように体積速度の振動に駆動部の残留振動がはっきりと乗っているが、時定数が $0.136\mu\text{sec}$ 以上であれば、図6(b)(c)に示すように駆動部の残留振動を抑制できることが判った。

結論

駆動部の残留振動を抑え、かつインク滴の飛翔速度の低下を抑えるには、時定数が $0.136\mu\text{sec}$ 以上、 $0.453\mu\text{sec}$ 以下でなければいけないことが判った。

【0045】

そしてこのことから、駆動電圧波形の立ち下がりにおいては、圧電素子に印加されている電圧が $1\sim 25\%$ に立ち下がるまでの時間を駆動部の固有振動周期に等しくし、駆動電圧波形の立ち上がりにおいては、圧電素子に印加されている電圧が $75\sim 99\%$ に立ち上がるまでの時間を駆動部の固有振動周期に等しくすればよいことが確認された。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の駆動方法を実施するための、圧電インクジェットヘッドの一例における、圧電素子と振動板とを含む駆動部を取り付ける前の状態を示す平面図である。

【図2】

同図(a)は、図1の例の圧電インクジェットヘッドにおいて、駆動部を取り付けた状態での、1つのドット形成部を拡大して示す断面図、同図(b)は、1つのドット形成部を構成する各部の重なり状態を示す透視図である。

【図3】

上記圧電インクジェットヘッドを駆動して、本発明の駆動方法を実施するため

の駆動回路の一例を示す回路図である。

【図 4】

同図(a)は、図 3 の駆動回路の端子に入力するコントロール電圧の電圧波形を示すグラフ、同図(b)は、上記コントロール電圧の入力によって駆動回路に発生させて、圧電素子に与える駆動電圧波形を示すグラフである。

【図 5】

本発明の、実施例で作製した圧電インクジェットヘッドを構成する各部を集中定数で近似して作成した電気等価回路を示す回路図である。

【図 6】

同図(a)～(c)はそれぞれ、本発明の、実施例で作製した圧電インクジェットヘッドに、立ち下がり／立ち上がりの時定数を所定値に設定した駆動電圧波形を印加した際の、インクの、体積速度の振動をシミュレートした結果を示すグラフである。

【図 7】

引き打ち方式の駆動方法において圧電素子に印加する駆動電圧 V_P の駆動電圧波形と、かかる駆動電圧波形が与えられた際の、ノズル部におけるインクの体積速度との関係を簡略化して示すグラフである。

【図 8】

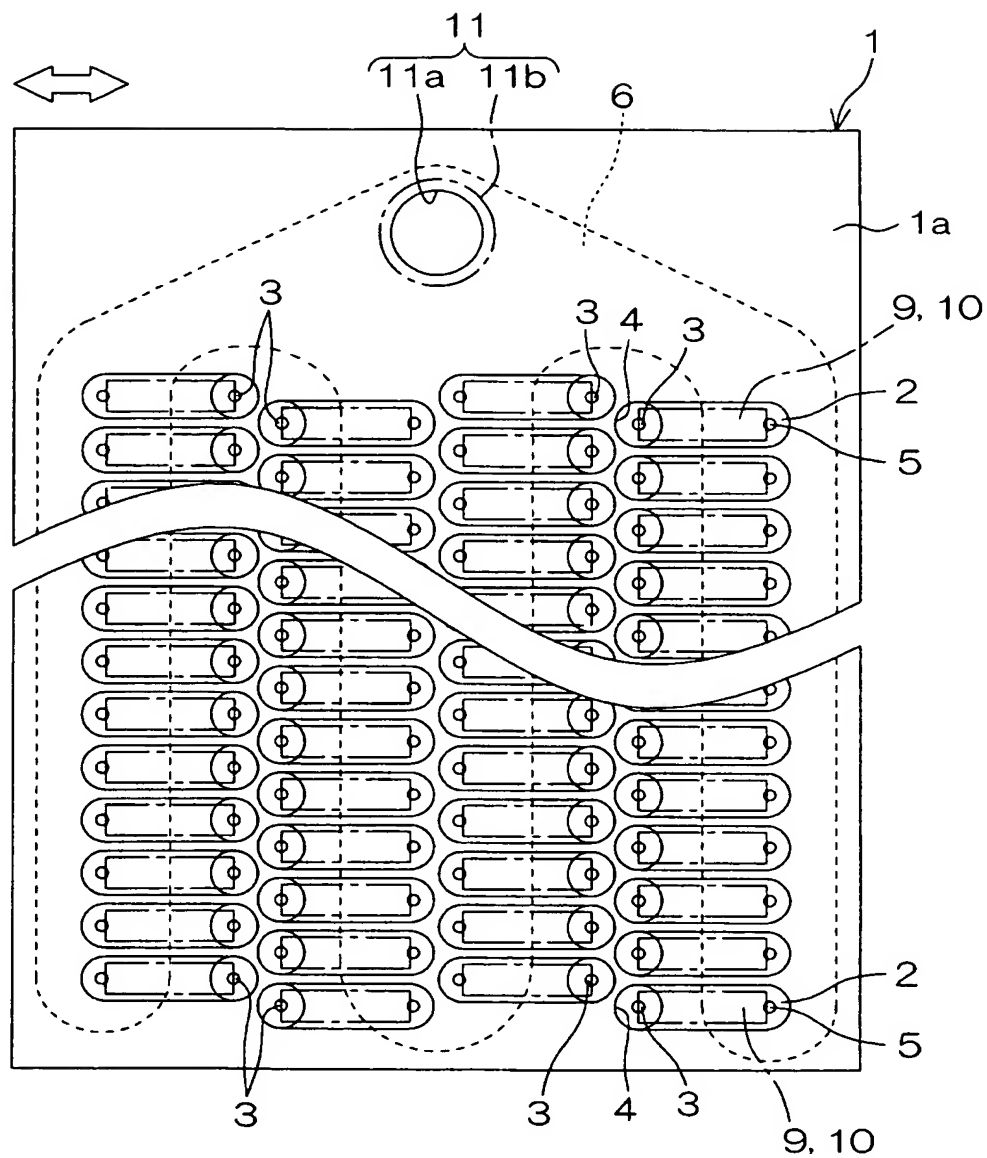
従来の圧電インクジェットヘッドにおいて、ノズル部におけるインクの体積速度の振動に、駆動部の固有振動が、残留振動として乗っている状態を示すグラフである。

【符号の説明】

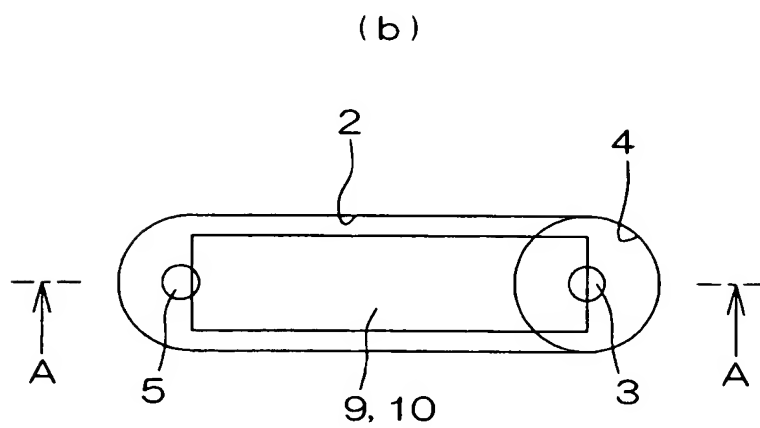
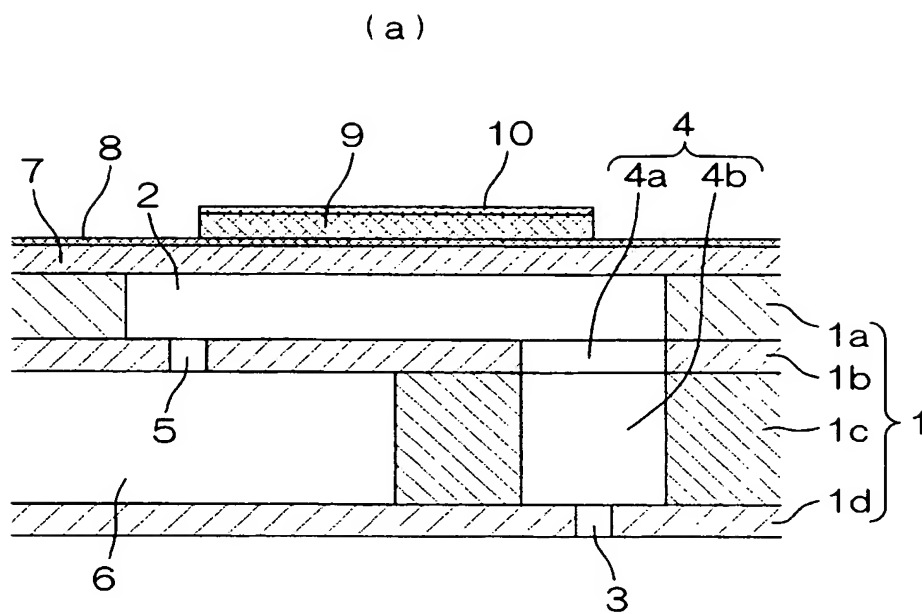
- 2 加圧室
- 3 ノズル部
- 7 振動板
- 9 横振動モードの圧電素子

【書類名】 図面

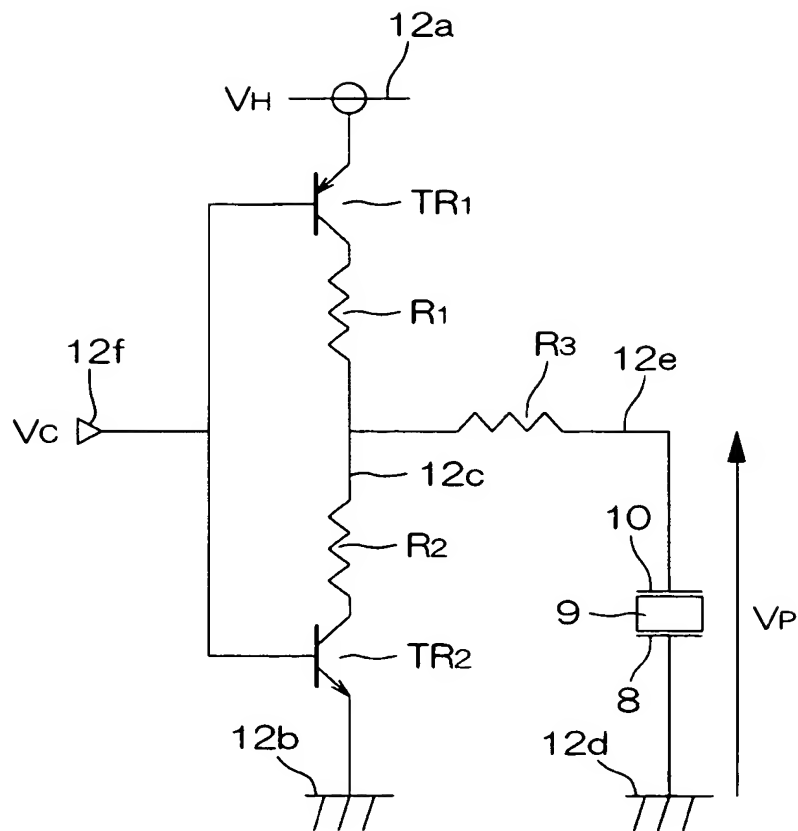
【図 1】



【図 2】

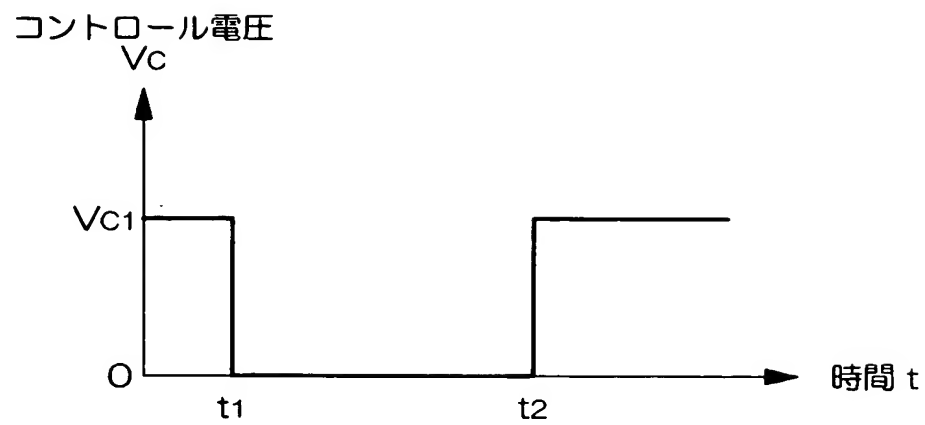


【図 3】

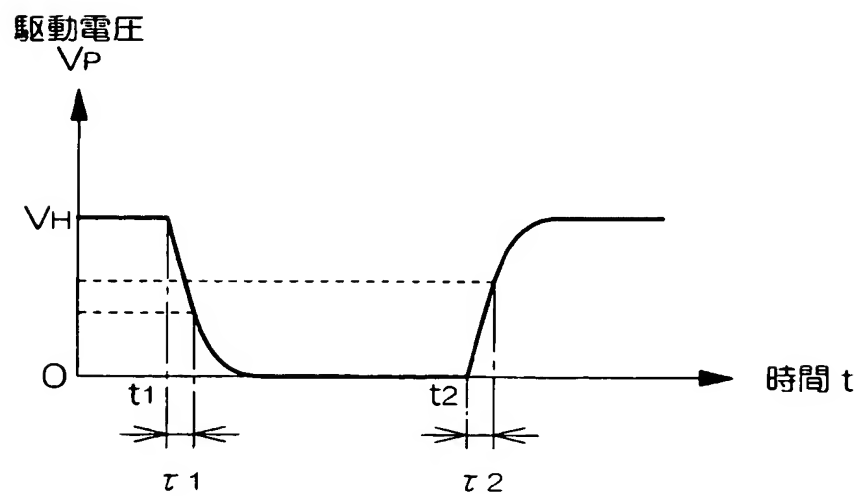


【図 4】

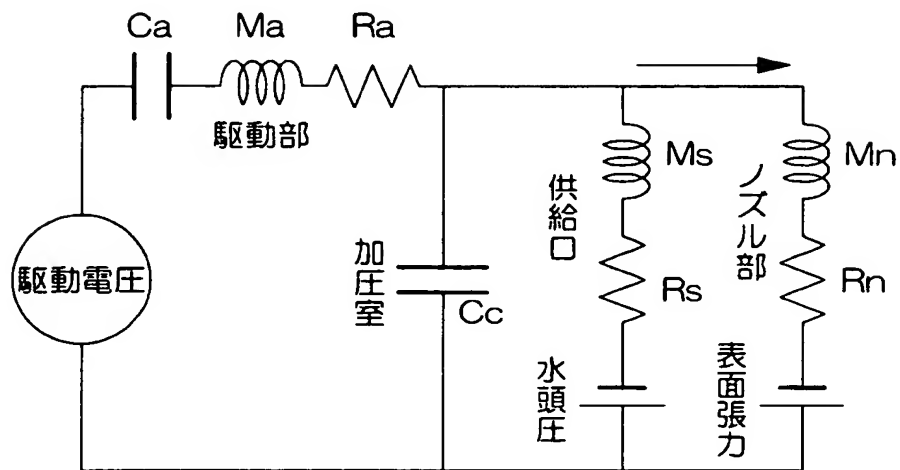
(a)



(b)

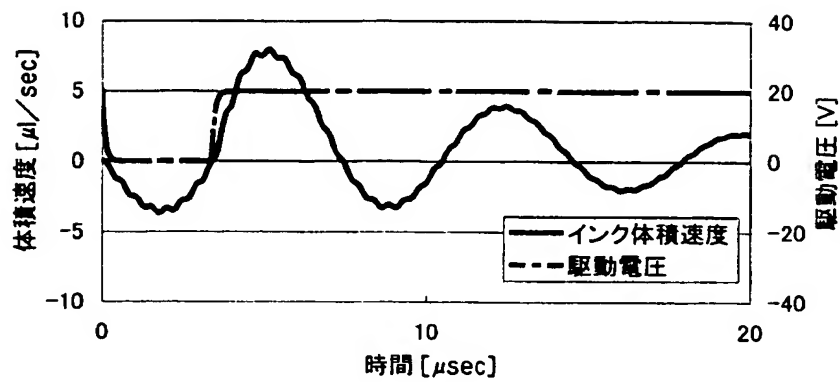


【図 5】

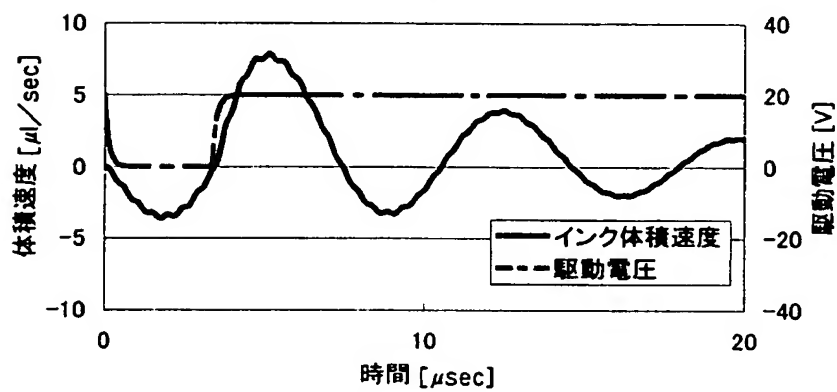


【図 6】

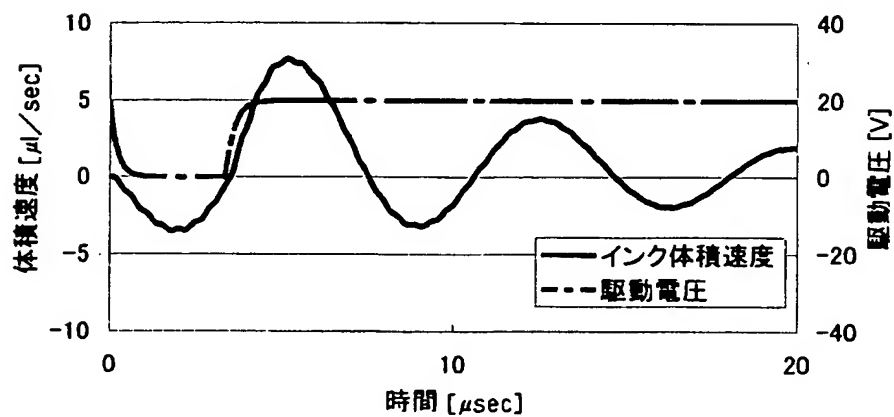
(a)

ノズル内インクの体積速度(時定数: $0.091\mu\text{sec}$)

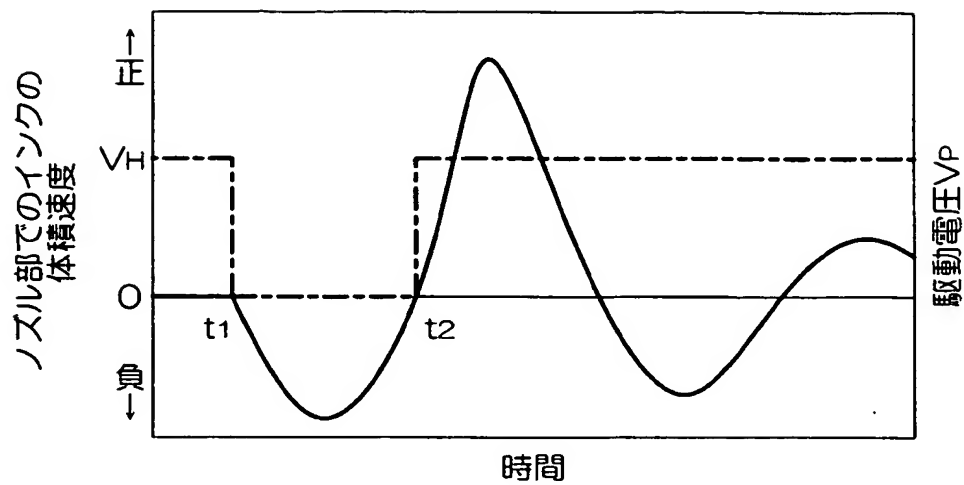
(b)

ノズル内インクの体積速度(時定数: $0.136\mu\text{sec}$)

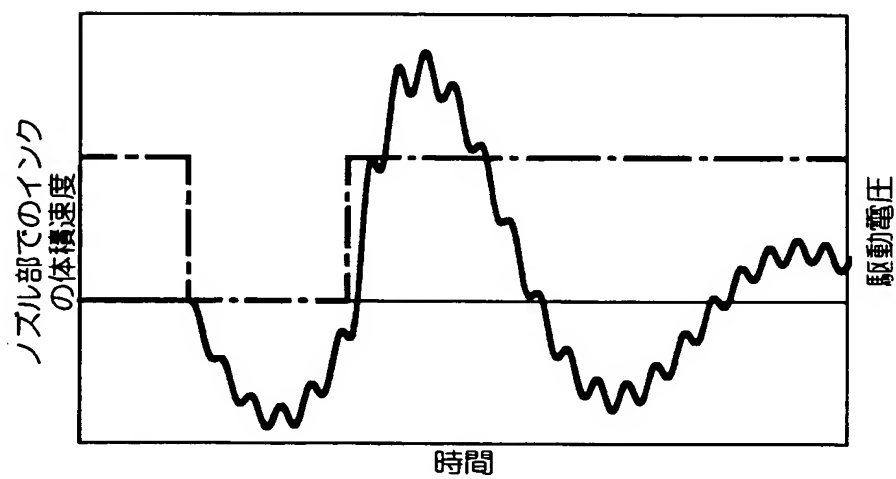
(c)

ノズル内インクの体積速度(時定数: $0.210\mu\text{sec}$)

【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 インク滴の飛翔速度の低下を抑制しつつ、横振動モードの圧電素子を備えた駆動部の残留振動を確実に抑えることができる、新規な圧電インクジェットヘッドの駆動方法を提供する。

【解決手段】 待機時に、圧電素子に一定の駆動電圧を印加して加圧室の容積を減少させた状態を維持しておき、ドット形成直前に駆動電圧を放電して加圧室の容積を増加させて、ノズル部内のインクメニスカスを加圧室の側へ引き込んだ後、再び駆動電圧を充電して加圧室の容積を減少させてインク滴をノズル部から吐出させる引き打ち方式の駆動方法において、放電時の、駆動電圧の立ち下りの時定数 τ_1 と、再充電時の、駆動電圧の立ち上がりの時定数 τ_2 とを、式(i)(ii)：

$$T_a / (-\ln 0.01) \leq \tau_1 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (i)$$

$$T_a / (-\ln 0.01) \leq \tau_2 \leq T_a / (-\ln 0.25) \quad (ii)$$

(両式中の T_a は駆動部の固有振動周期である)

とともに満足する範囲に設定する。

【選択図】 図4

特願 2 0 0 3 - 0 9 2 6 5 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 6 3 3]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市山科区東野北井ノ上町 5 番地の 2 2

氏 名

京セラ株式会社

2. 変更年月日

1 9 9 8 年 8 月 2 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地

氏 名

京セラ株式会社